

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
12. Mai 2005 (12.05.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/042952 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02D 35/02**,  
41/40

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ZIMMER, Christian**  
[DE/DE]; Burgunder Str. 15, 93053 Regensburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2004/052514**

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
12. Oktober 2004 (12.10.2004)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

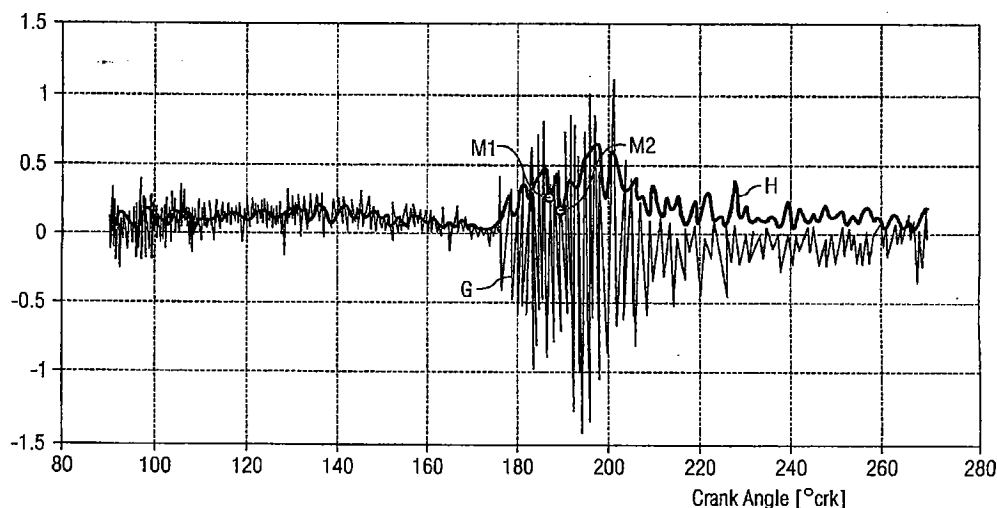
(30) Angaben zur Priorität:  
103 50 180.0 28. Oktober 2003 (28.10.2003) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD AND DEVICE FOR ANALYZING THE COMBUSTION NOISE IN A CYLINDER OF A COMBUSTION  
ENGINE**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ANALYSE DES VERBRENNUNGSGERÄUSCHES IN EINEM  
ZYLINDER EINER BRENNKRAFTMASCHINE**



(57) Abstract: When detecting the combustion noise on a combustion engine (10) by using a knock sensor (14), the problem arises in that prior art methods cannot determine with sufficient accuracy how much fuel reaches the cylinder (11) of the combustion engine (10) during a specified injection pulse. For different reasons, e.g. for minimizing the fuel consumption or for optimizing exhaust emissions, a multiple injection with, in part, the smallest quantities of fuel is commonly used in today's combustion engines (10) that require a precise fuel metering. To this end, the invention provides that the measuring window (M) for detecting the combustion noises of an individual injection pulse with regard to its starting and/or ending position is variably formed according to operating parameters so that only the combustion noises taken into consideration are detected that serve as a measure for the injected quantity of fuel.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Bei der Erfassung des Verbrennungsgeräusches an einer Brennkraftmaschine (10) mittels eines Klopf-sensors (14) besteht das Problem, dass mit bekannten Verfahren nicht mit hinreichender Genauigkeit festgestellt werden kann, wie viel Kraftstoff bei einem bestimmten Einspritzimpuls in den Zylinder (11) der Brennkraftmaschine (10) gelangt ist. Aus verschiedenen Gründen, beispielsweise zur Minimierung des Kraftstoffverbrauch oder Optimierung der Abgasemissionen wird bei heutigen Brennkraftmaschinen (10) häufig eine Mehrfacheinspritzung mit zum Teil kleinsten Kraftstoffmengen angewendet, die eine genaue Kraftstoffdosierung erfordern. Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, das Messfenster (M) zur Erfassung der Verbrennungs-geräusche eines individuellen Einspritzimpulses bezüglich seiner Start- und/oder seiner Endposition in Abhängigkeit von Betriebsparametern variabel auszubilden, damit möglichst nur die in Betracht gezogenen Verbrennungsgeräusche erfasst, die ein Maß für die eingespritzte Kraftstoffmenge sind.

**VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ANALYSE DES  
VERBRENNUNGSGERÄUSCHES IN EINEM ZYLINDER EINER  
BRENNKRAFTMASCHINE**

Die Erfindung geht von einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Analyse des Verbrennungsgeräusches bei der Kraftstoffeinspritzung in einen Zylinder einer Brennkraftmaschine nach der Gattung der nebengeordneten Ansprüche 1 und 9 aus. Es ist schon bekannt, das Verbrennungsgeräusch, das durch die Druckwellen bei der Zündung des Kraftstoff-Luftgemisches in der Brennkammer entsteht, mit Hilfe eines Klopfensors zu erfassen. Der Klopfensor erfasst jedoch nicht nur die direkten Verbrennungsgeräusche, sondern auch alle weiteren Störgeräusche, sowohl der Brennkraftmaschine selbst als auch in ihrer Umgebung.

Es ist weiter bekannt, die Störgeräusche zumindest teilweise dadurch zu beschränken, dass die Geräuschemessung nur innerhalb eines feststehenden Messfensters aktiviert beziehungsweise ausgewertet wird, das beispielsweise nach der Einspritzung einer ersten Einspritzung gestartet und nach erfolgter Verbrennung eines nachfolgenden Einspritzimpulses beendet wird. Dieses Verfahren bringt zwar eine gewisse Verbesserung für die Auswertung des erfassten Verbrennungsgeräusches, enthält jedoch noch einen hohen Anteil an unerwünschten Störgeräuschen. Hinzukommt, dass das feststehende Messfenster nicht an die einzelnen Einspritzimpulse mit ihren unterschiedlichen Einspritzmengen angepasst werden kann. Da jedoch die Intensität des Verbrennungsgeräusches ein Maß für die eingespritzte Kraftstoffmenge ist, können die im aufgenommenen Verbrennungsgeräusch enthaltenen Störgeräusche bei der Auswertung zu unzuverlässigen Ergebnissen führen. Das bekannte Verfahren ist daher zum Beispiel für die Bestimmung einer eingespritzten Kraftstoffmenge als kritisch anzusehen.

Ein weiteres Problem besteht auch darin, dass insbesondere bei der Adaption minimaler Einspritzmengen für eine Brennkraftmaschine jedes einzelne Verbrennungsgeräusch eines Einspritzimpulses möglichst exakt und zuverlässig erfasst werden  
5 muss, um beispielsweise die Verbrennungsgeräusche zwischen einer oder mehreren Voreinspritzungen und der nachfolgenden Haupteinspritzung exakt analysieren zu können. Solche Anforderungen werden insbesondere an moderne, mit Kraftstoff-Direkteinspritzung arbeitenden Brennkraftmaschinen wie Diesel- oder Benzinmotoren mit piezoelektrischen Injektoren ge-  
10 stellt, bei denen die Einspritzimpulse eines Zyklusses in sehr geringen zeitlichen Abständen aktiviert werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren beziehungsweise eine Vorrichtung anzugeben, mit dem bzw. mit  
15 der das bei der Kraftstoffeinspritzung entstehende Verbrennungsgeräusch einer Brennkraftmaschine sicherer und verlässlicher ermittelt werden kann. Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche 1 und 9 gelöst.

20 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der Vorrichtung zur Analyse des Verbrennungsgeräusches bei der Kraftstoffeinspritzung in eine Brennkammer einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche 1 und 9 ergibt  
25 sich der Vorteil, dass im wesentlichen das Verbrennungsgeräusch eines individuellen Einspritzimpulses erfasst wird. Als besonders vorteilhaft wird angesehen, dass für die Erfassung des Verbrennungsgeräusches das kleinste mögliche Messfenster gebildet werden kann. Dieses Messfenster ist nicht  
30 feststehend, sondern ist variierbar und wird an Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine angepasst. Damit ist es möglich, gegenüber den bekannten Verfahren auch eine kleine Kraftstoffmenge eines einzelnen Einspritzimpulses mit verbesserter Zuverlässigkeit zu bestimmen. Dagegen kann bei bekannten  
35 Verfahren lediglich pauschal festgestellt werden, ob eine Einspritzung beziehungsweise eine Verbrennung erfolgt ist oder nicht.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in den nebengeordneten Ansprüchen 1 und 9 angegebenen Verfahrens beziehungsweise der Vorrichtung gegeben. Als besonders vorteilhaft wird angesehen, dass die Endposition des Messfensters so gelegt wird, dass weitere Einspritz- und Verbrennungsgeräusche eines nachfolgenden Einspritzimpulses nicht mehr erfasst werden können. Da der Beginn eines nachfolgenden Einspritzimpulses durch ein Steuergerät bestimmt wird, kann dieser Zeitpunkt beziehungsweise ein korrespondierender Drehwinkel der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine auf einfache Weise vorteilhaft genutzt werden, nur in Verbindung mit einem Schätzwert für die Zündverzögerung das Messfenster zu schließen. Dieser Zeitpunkt wird für jeden Einspritzimpuls individuell bestimmt und ist somit an die Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine adaptierbar.

Wenn die Endposition für das Messfenster bekannt ist, lässt sich durch Zurückrechnen sehr einfach eine Startposition für das Messfenster bestimmen und somit dessen zeitliche Länge festlegen. Auf diese Weise gelingt es, das Messfenster für den Einspritzimpuls beziehungsweise an dessen Verbrennungsgeräusch optimal anzupassen.

Eine vorteilhafte Lösung wird auch darin gesehen, die Startposition des Messfensters zu Beginn des Einspritzimpulses zu legen, da dieser Zeitpunkt vorgegeben wird. Alternativ ist vorgesehen, die Startposition zu Beginn des auftretenden Verbrennungsgeräusches zu legen, der beispielsweise durch den ansteigenden Geräuschpegel leicht messbar ist.

Eine weitere vorteilhafte Lösung für die Bestimmung der Startposition und/oder der Länge des Messfensters besteht auch darin, die Hüllkurve auszuwerten, die aus dem Verbrennungsgeräusch gebildet werden kann. Die Hüllkurve kann vor-

teilhaft durch Gleichrichtung der empfangenen Geräuschsignale gebildet werden.

Wird die Hüllkurve über zwei benachbarte Einspritzimpulse  
5 aufgenommen; dann kann durch ein Tiefpassfilter eine einfache Auswertung im Hinblick auf ein lokales Minimum durchgeführt werden. An Hand des lokalen Minimums können die beiden Einspritzimpulse beziehungsweise deren Verbrennungsgeräusche leicht unterschieden werden. Dadurch ergibt sich ebenfalls  
10 eine einfache Lösung für die Festlegung der Startposition/Endposition des Messfensters.

Treten mehrere lokale Minimalwerte auf, dann wird für die Startposition der kleinste Minimalwert gewählt, da dieser die  
15 größte Wahrscheinlichkeit für den Beginn des Verbrennungsgeräusches liefert. Alle zuvor aufgetretenen Störgeräusche werden somit in vorteilhafter Weise nicht erfasst.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass es von Vorteil ist, wenn  
20 das Messfenster bei einem Kurbelwellenwinkel etwa im Bereich  $\pm 4^\circ$  crk bezüglich des Beginns des Einspritzimpulses gestartet wird. Dabei sind für die exakte Festlegung auch eine Zündverzögerung sowie die speziellen Parameter eines Motortyps zu berücksichtigen.

25 Durch die optimierte Erfassung und Auswertung des Verbrennungsgeräusches kann die Vorrichtung beispielsweise mit Hilfe einer Vergleichstabelle aus der Intensität des Verbrennungsgeräusches eine tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge  
30 bestimmen. Dieses kann insbesondere bei mit Kraftstoff-Direkteinspritzung betriebenen Diesel- und Benzinmotoren genutzt werden, um u.a. die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge zu überwachen und zu steuern.

35 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Figur 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild der Erfindung,

5    Figur 2 zeigt ein erstes Diagramm, in dem die von einem Klopfsensor aufgenommenen Geräuschsignale sowie deren Hüllkurve dargestellt sind,

10    Figur 3 zeigt ein zweites Diagramm der Erfindung mit der Darstellung des optimierten Messfensters und

15    Figur 4 zeigt ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erfassung und Auswertung von Verbrennungsgeräuschen.

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Analyse des Verbrennungsgeräusches bei der Kraftstoffeinspritzung in eine Brennkammer (Zylinder) einer Brennkraftmaschine, das als  
20    Blockschaltbild dargestellt ist. Es weist im wesentlichen einen Algorithmus auf, der zur Auswertung des von einem Klopfsensor erfassten Verbrennungsgeräusches ausgebildet ist. Die dargestellte Geräuschkurve enthält neben den eigentlichen Verbrennungsgeräuschen, die durch Zündung des Luft-  
25    Kraftstoffgemisches in der Brennkammer beziehungsweise in dem Zylinder der Brennkraftmaschine entstehen, noch weitere Geräusche, die beispielsweise durch Schwingungen beweglicher Teile des Motors (Kolben, Kurbelwelle usw.) oder seiner Zusatzaggregate wie Lichtmaschine, Öl- und Wasserpumpe, Getriebe, Antrieb, Auspuff usw. entstehen. Diese Störgeräusche überlagern das eigentliche Verbrennungsgeräusch, das bei jedem Einspritzimpuls entsteht. Insbesondere mit Kraftstoff-  
30    Direkteinspritzung arbeitende Diesel- und Benzinmotoren mit Common Rail oder Pumpe-Düse Einspritzsystemen arbeiten mit  
35    feindosierten Kraftstoffmengen, die häufig in Form von Mehrfacheinspritzungen innerhalb eines Einspritzzyklusses abgesetzt werden. Die Steuerung der einzelnen Einspritzimpulse

ist sehr komplex und erfordert höchste Präzision und Zuverlässigkeit.

Um die Anforderungen von Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine wie Emissionen, Verbrauch, Laufruhe usw. zuverlässig erfüllen zu können, ist es u.a. erforderlich, dass eine Steuervorrichtung bei einem Einspritzimpuls die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge erfasst und dann das Einspritzsystem entsprechend steuert. Figur 1 zeigt den schematisierten Ablauf, der nachfolgend erläutert wird.

Das vom Klopfsensor aufgenommene Signal wird zunächst über eine Gleichrichtereinheit 1 geführt, um eine Hüllkurve für das erfasste Verbrennungsgeräusch zu bilden. Erfindungswesentlich ist, dass das Verbrennungssignal in einem Messfenster erfasst wird, das für einen Einspritzimpuls individuell angepasst ist und je nach Betriebsbedingungen variiert werden kann. Das Messfenster wird mit Hilfe eines Algorithmus bestimmt, der insbesondere einen Start- und einen Endpunkt festlegt. Das Messfenster ist somit bezüglich seiner Lage und seiner Länge relativ zum Drehwinkel der Kurbelwelle festgelegt. Es wird so klein wie möglich ausgebildet, um praktisch nur das Verbrennungsgeräusch zu erfassen, das innerhalb eines Einspritzzyklusses einem ausgewählten Einspritzimpuls zugeordnet ist.

Beispielsweise wird zunächst der Endpunkt des Messfensters so festgelegt, dass das Messfenster vor dem Beginn des Verbrennungsgeräusches eines nachfolgenden Einspritzimpulses geschlossen ist. Der Startpunkt des Messfensters kann bei einer vorgegebenen festen Länge des Fensters einfach zurückgerechnet werden. Dadurch werden die Anteile des Verbrennungsgeräusches vor und nach dem Start des Einspritzimpulses (SOI) erfasst.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, den Startpunkt des Messfensters auf den Beginn des Verbrennungs-



geräusches zu legen. Dieser Punkt kann beispielsweise durch einen Anstieg der Hüllkurve erkannt werden.

Alternativ ist vorgesehen, das Messfenster so zu legen, dass  
5 es nur während des Auftretens des Verbrennungsgeräusches aktiviert ist und mit dem Beginn des Verbrennungsgeräusches aktiviert wird.

Die aus der Gleichrichtung gewonnene Hüllkurve des Verbrennungsgeräusches wird anschließend auf ein Tiefpassfilter 2 geleitet. Dieser Teil des Algorithmus ermittelt beispielsweise durch Differenzieren oder Filtern der Hüllkurve ein oder mehrere lokale Minimalwerte. Ein lokaler Minimalwert entsteht typischerweise zwischen zwei Einspritzimpulsen, beispielsweise  
10 zwischen einer Voreinspritzung und einer Haupteinspritzung. Es lokalisiert somit den Beginn des Verbrennungsgeräusches.  
15

Treten mehrere lokalen Minimalwerte auf, da wird in einer  
20 Einheit zur Minimumermittlung 3 der kleinste lokale Minimalwert zum Beispiel durch Vergleich der gefundenen lokalen Minimalwerte herausgefiltert. Dieser absolute lokale Minimalwert wird dann für den Beginn des Verbrennungsgeräusches festgelegt und ist dann für den Startpunkt des Messfensters  
25 am Ausgang der Einheit 3 abgreifbar.

Es hat sich gezeigt, dass der Startpunkt des Messfensters bezogen auf den Einspritzbeginn (SOI) um einen Kurbelwellenwinkel  $\pm 4^\circ \text{crk}$  verändert werden kann. Hierbei ist noch bei der  
30 Haupteinspritzung eine Zündverstellung von ca  $-6^\circ \text{crk}$  für einen entsprechenden Motortyp zu berücksichtigen.

Wie bereits erwähnt, ist auch die Länge des Messfensters variierbar. Wurde der Startpunkt des Messfensters durch Analyse  
35 der Hüllkurve bestimmt, kann eine variable Fensterlänge gewählt werden. Dieses erfordert jedoch einen Kompensationsfak-

tor, mit dem unterschiedliche, längenabhängige Signalenergien vergleichbar gemacht werden können.

Die Baugruppen 2 und 3 werden vorzugsweise durch ein Softwareprogramm realisiert, das von einer entsprechenden Vorrichtung abgearbeitet wird.

Bei dem ersten Diagramm gemäß Figur 2 ist der Verlauf des von einem Klopfsensor aufgenommenen ungefilterten Geräuschsignals G (Körperschallsignal) dargestellt. Die Skalierung auf der Y-Achse gibt die Amplitude und damit seine Intensität an. Auf der X-Achse wurde der Drehwinkel der Kurbelwelle in °crk aufgetragen. Die fett dargestellte Kurve entspricht der Hüllkurve H, die durch die Gleichrichtung erhalten wurde.

Wie dem Diagramm entnehmbar ist, sind im mittleren Bereich die Amplituden des Geräuschsignals G besonders stark, während sie rechts und links davon schwächer verlaufen. Der mittlere Bereich dieses Geräuschsignals G entspricht dem eines Einspritzimpulses, beispielsweise einer Haupteinspritzung, während der seitliche Verlauf dem Störsignal entspricht. Die Hüllkurve H hat einen ähnlichen Verlauf. Ihre Amplitude ist an den Randseiten deutlich kleiner als im Bereich des Einspritzimpulses. Auffallend ist des weiteren, dass die Hüllkurve H im mittleren Bereich zwei lokale Minimalwerte M1, M2 aufweist, wobei M2 den kleinsten lokalen Minimalwert bildet. Die beiden lokalen Minimalwerte können mit dem Tiefpassfilter oder durch Ableitung der Hüllkurve gemäß Figur 1 bestimmt werden. Der kleinste lokale Minimalwert M2 wird somit als Beginn des Verbrennungsgeräusches (SOC) verwendet.

Figur 3 zeigt ein zweites Diagramm, bei dem wieder die Geräuschsignale G als oszillierende Kurve dargestellt sind. Zu dieser Kurve wurde zusätzlich das ermittelte Messfenster M eingetragen. Wie der Figur 3 entnehmbar ist, ist das Messfenster M etwa im Bereich 175 bis 190°crk aktiviert, alle anderen Bereiche werden unterdrückt. Dieser Bereich entspricht

dem Verbrennungsgeräusch eines einzelnen Einspritzimpulses des zweiten Zylinders der Brennkraftmaschine. Weitere Einspritzimpulse, wie sie in Figur 3 etwas weiter rechts vom Messfenster M dargestellt sind, werden dagegen unterdrückt und können somit die Auswertung des zu betrachtenden Verbrennungsgeräusches nicht beeinflussen.

Um aus der Amplitude oder der Intensität des innerhalb des Messfensters M gemessenen Verbrennungsgeräusches die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge bestimmen zu können, wird eine Vergleichstabelle herangezogen, die zuvor für einen bestimmten Motortyp, bestimmte Betriebsparameter, eine bestimmte Länge des Messfensters M usw. ermittelt wurde.

Figur 4 zeigt eine Vorrichtung zur Analyse des Verbrennungsgeräusches, die als Blockschaltbild schematisch dargestellt ist. Eine Steuervorrichtung 15 ist vorzugsweise über ein Bussystem mit einem Klopfsensor 14 verbunden, der im allgemeinen als Körperschallsensor ausgebildet ist. Der Klopfsensor 14 ist an einer geeigneten Stelle der Brennkraftmaschine 10 angeordnet, möglichst in der Nähe des Zylinders 11. Die Brennkraftmaschine 10 weist übliche Baugruppen auf: wenigstens einen Zylinder 11, in dem ein Kolben 12 alternierend beweglich angeordnet ist und der seine Bewegungsenergie über eine Pleuelstange auf eine Kurbelwelle 18 überträgt. Zur Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum des Zylinders 11 ist ein Einspritzventil oder Injektor 13 an geeigneter Stelle angebracht. Der Injektor 13 wird vorzugsweise von einem piezoelektrischen Aktor betätigt. Der Kraftstoff fließt dabei mit hohem Druck über eine Zuleitung 13a in den Injektor 13.

Zur Bestimmung des Drehwinkels  $\text{crk}$  der Kurbelwelle 18 ist vorzugsweise an einem Zahnkranz der Kurbelwelle 18 ein Winkelsensor 17 angeordnet, so dass stets der aktuelle Drehwinkel der Kurbelwelle 18 exakt ermittelt werden kann. Die Signale des Winkelsensors 17 werden ebenfalls über das Bussystem zur Steuervorrichtung 15 übertragen.

Die Steuervorrichtung 15 weist die üblichen Einheiten wie einen programmgesteuerten Rechner, einen Speicher 16, Auswerteeinheiten usw. auf. Diese Einheiten wurden bereits zuvor erläutert. Das Softwareprogramm mit dem erfindungsgemäßen Algorithmus wird ebenso wie die erfassten oder ermittelten Daten, Vergleichstabellen usw. zumindest temporär in dem Speicher 16 so lange gespeichert, wie sie für die Datenverarbeitung oder Steuerung der Brennkraftmaschine 10 benötigt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Analyse des Verbrennungsgeräusches bei der Kraftstoffeinspritzung in einen Zylinder (11) einer Brennkraftmaschine (10), wobei das Verbrennungsgeräusch innerhalb eines Einspritzzyklusses in einem Messfenster (M) erfasst wird, das zu einem Drehwinkel der Kurbelwelle (18) der Brennkraftmaschine (10) korrespondiert, dadurch gekennzeichnet, dass ein Algorithmus gebildet wird, mit dem für das Messfenster (M) eine von Betriebsparametern abhängige variierbare Start- und/oder Endposition des Messfenster (M) bestimmt wird, um das Verbrennungsgeräusch eines individuellen Einspritzimpulses zu erfassen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endposition des Messfensters (M) unmittelbar vor dem Beginn der Verbrennung (SOC) eines nachfolgenden Einspritzimpulses gelegt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Startposition des Messfensters (M) durch eine feste zeitliche Länge oder einen festen Drehwinkel vorgegeben ist, der von der Endposition des Messfensters (M) zurückgerechnet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messfensters (M) mit dem Beginn der Einspritzung (SOI) oder unmittelbar vor Beginn der Verbrennung (SOC) des zu betrachtenden Einspritzimpulses gestartet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Startposition und/oder die Länge des Messfensters (M) durch Analyse der Hüllkurve (H) bestimmt wird, die aus dem empfangenen Verbrennungsgeräusch gebildet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass von der Hüllkurve (H), die über zwei benachbarte Einspritzimpulse, beispielsweise über eine Vor- und eine  
5      Haupteinspritzung ermittelt wird, durch Tiefpassfilterung wenigstens ein lokaler Minimalwert (LM) bestimmt wird, dessen Position als Startposition für das Messfenster (M) verwendet wird.
- 10    7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehreren lokalen Minimalwerten (LM) der kleinste Minimalwert (LM) als Startposition für das Messfenster (M) verwendet wird.
- 15    8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messfenster (M) unter Berücksichtigung einer Zündverzögerung und/oder einem Motortyp im Intervall  $\pm 4^\circ$  Kurbelwellenwinkel (crk) bezüglich des Beginns des Verbrennungsgeräusches positioniert  
20      ist.
9. Vorrichtung zur Analyse des Verbrennungsgeräusches bei der Kraftstoffeinspritzung in einen Zylinder (11) einer Brennkraftmaschine (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Klopfsensor (14) zur Erfassung des  
25      Verbrennungsgeräusches und mit einem Winkelsensor (17) zur Erfassung des Drehwinkels der Kurbelwelle (18) der Brennkraftmaschine (10),  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t , dass eine  
30      Steuervorrichtung (15) vorgesehen ist, dass die Steuervorrichtung (15) ein Softwareprogramm mit einem Algorithmus aufweist und dass der Algorithmus ausgebildet ist, eine von Betriebsbedingungen abhängige variierbare Start- und/oder Endposition des Messfensters (M) für ein zu erfassendes individuelles Verbrennungsgeräusch festzulegen.  
35

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (15) ausgebildet ist, aus der Amplitude oder der Intensität des Verbrennungsgeräusches eine eingespritzte Kraftstoffmenge zu quantifizieren.
- 5
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (15) das Verbrennungsgeräusch an einem direkt einspritzenden Diesel- oder Benzinmotor erfasst.

1/3

FIG 1

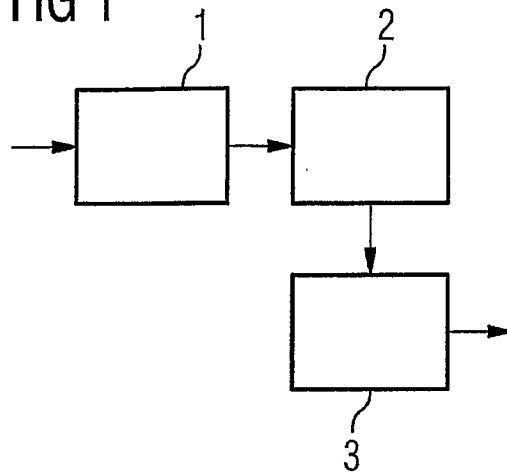
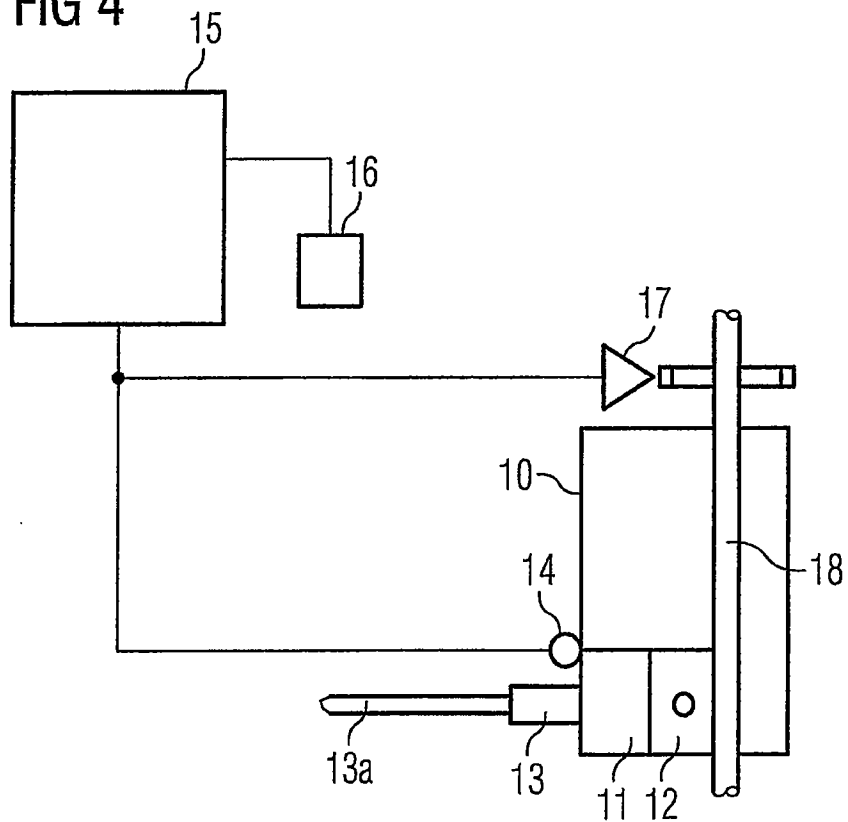
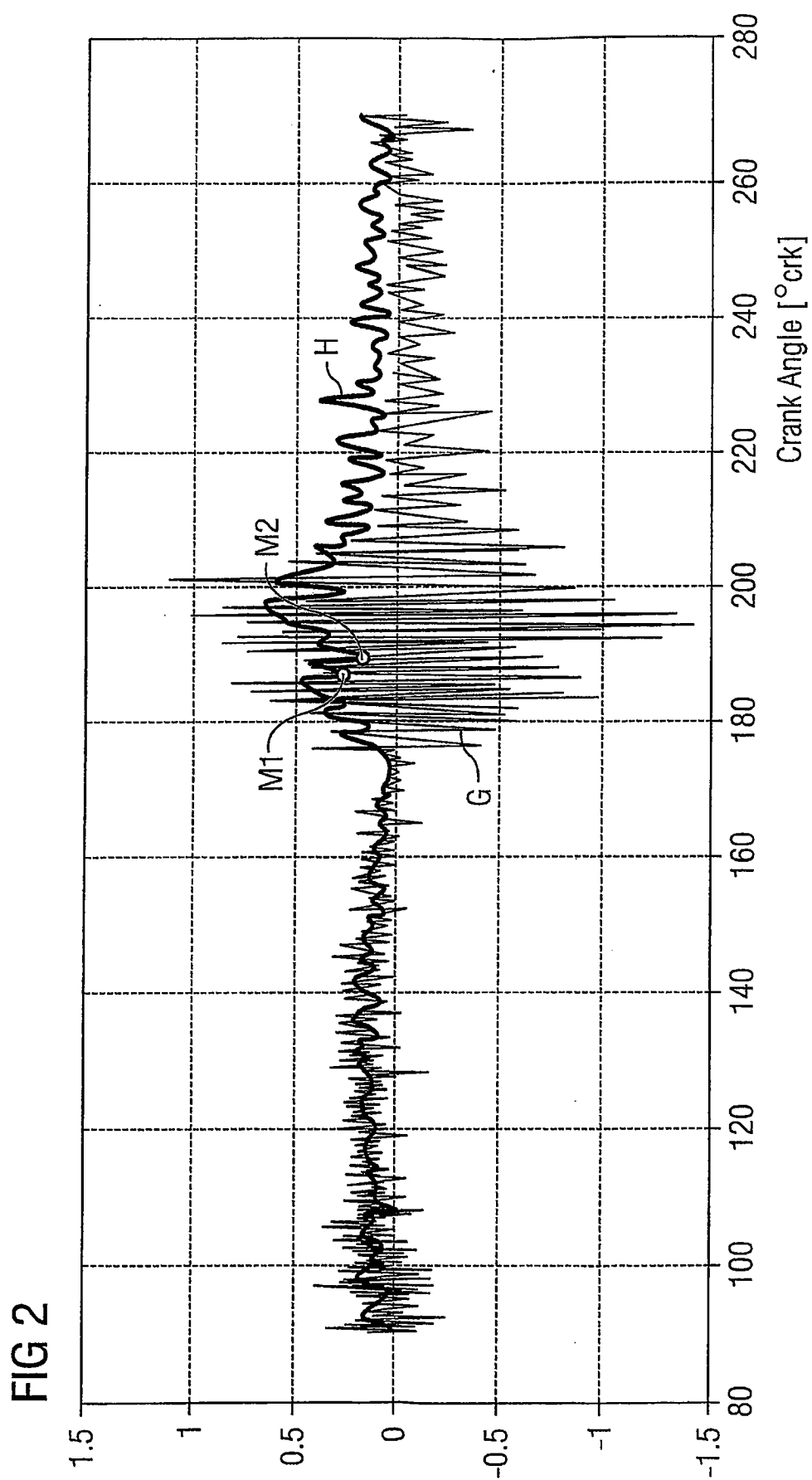


FIG 4







3/3

FIG 3

